



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

QK
711
S33



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

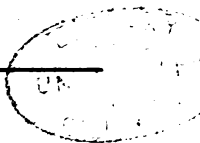
RECEIVED BY EXCHANGE

Class

BIOLOGY
LIBRARY
G

444
S 315

Pflanzenphysiologische Untersuchungen.



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der hohen philosophischen Fakultät
der Königl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Max Scheel

aus Marne.

Opponenten:

Herr cand. chem. Streitwolf.

Herr cand. chem. Küppers.

Herr stud. jur. Müller.

Kiel 1902.

Druck von H. Fiencke.

2

Pflanzenphysiologische Untersuchungen.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der hohen philosophischen Fakultät
der Königl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Max Scheel
aus Marne.

Opponenten:

Herr cand. chem. Streitwolf.
Herr cand. chem. Küppers.
Herr stud. jur. Müller.



Kiel 1902.
Druck von H. Fiencke.

BR 711
S33
BIOLOGY
LIBRARY
C

96+

No. 10.

Rektoratsjahr 1902/1903.

Zum Druck genehmigt:

Dr. Kauffmann,
z. Z. Decan.

209391

Meiner Klara Elisabeth
in Liebe gewidmet.

209391





I.

Über Pflanzenteile, die unfähig zur Transpiration sind.

Unter Transpiration versteht man die durch die Oberfläche der ganzen Pflanze, namentlich aber der Blätter vermittelte dampfförmige Abgabe von Wasser, das durch den Transpirationsstrom nach den Orten des Verbrauchs befördert wird, und zwar pflegt man in diesen Begriff die Hinaufschaffung des Nährwassers miteinzuschliessen. Viele Botaniker setzen allerdings den Begriff der Transpiration einfach gleich mit Ausdünstung, wie z. B. Kerner,¹⁾ doch ist dieser Brauch weniger verbreitet, und so soll auch in der nachstehenden Abhandlung an der üblichen Definition festgehalten werden.

Die Transpiration dient bekanntlich dazu, die Pflanzen mit den ihnen zum Leben nötigen Nährsalzen zu versorgen. Diese wichtige Aufgabe wurde schon früh erkannt, und es lag infolgedessen nahe, die Ursache des Saftsteigens zu erforschen. Die bedeutendsten Botaniker haben sich mit dieser Frage beschäftigt, aber trotzdem ist man heute noch im Unklaren über die das Phaenomen der Transpiration verursachenden Kräfte.

Einen historischen Überblick über die verschiedenen Hypothesen, die zu diesem Zwecke aufgestellt sind, bringt

¹⁾ Pflanzenleben Bd. I, S. 251.

Chamberlain¹⁾ in der Einleitung seiner Abhandlung: *Recherches sur la sève ascendante*. Nach Chamberlain sind es besonders vier Männer, an deren Namen sich alles das knüpft, was wir bis jetzt über die motorischen Kräfte des aufsteigenden Saftstromes wissen, nämlich Caesalpino (1583) Hales (1727) Dutrochet (1826) und endlich Hofmeister (1857).

Um den Zweck meiner Untersuchungen klarer hervortreten zu lassen, sei es mir gestattet, etwas näher darauf einzugehen. Man wird dabei die interessante Wahrnehmung machen, dass die Ansichten, die man vor reichlich drei Jahrhunderten von der Erscheinung des Saftsteigens hatte, nicht allzu sehr von den heutigen variieren.

Caesalpino, der älteste Autor, der diese Frage einer wissenschaftlichen Betrachtung unterwarf, zählt drei verschiedene Kräfte auf, die nach seiner Meinung das Aufsteigen des Saftstromes bewirken. Er nennt sie *ratio similitudinis*, *ratio vacui* und *bibula natura*.

Einen Einfluss der *ratio similitudinis*, unter welcher Bezeichnung der Arzt Clemens VIII. die Phaenomene versteht, die man heute als elektrische bezeichnet, haben auch Nägeli und Schwendener auf Grund eingehender Studien zugegeben; während die *ratio vacui*, durch Jos. Boehm, der diese Kraft als alleinige Ursache des Saftsteigens ansah, zu neuem Ansehen kam, und noch heute wird sie von Schwendener und Strasburger als ein wesentlicher Factor angesehen. Die *bibula natura* oder die Imbibition, wie man heute sagt, sahen Meyer und Unger, besonders aber Sachs, der die verholzten Wände der wasserleitenden Bahnen für den Ort der Imbibition erklärte, als die Hauptursache des Safttransportes an. Dreissig Jahre lang hielt sich diese Theorie, bis sie dann im Jahre 1885 durch die Versuche von Errera und Scheit gestürzt wurde.

¹⁾ Neuchatel 1897.

Hales suchte die Bewegung des Saftes hauptsächlich durch die Capillarität zu erklären: Durch Capillargefäße in der Wurzel wird nach seiner Meinung die Nährflüssigkeit angezogen, und die Haarröhrchenkraft hält die Flüssigkeit in den Gefässen fest und hebt sie weiter empor. Nebenbei schreibt Hales auch der Transpiration (im engeren Sinne) eine gewisse Bedeutung zu: Dadurch, dass Feuchtigkeit verdunstet, wird Platz für nachrückende Flüssigkeit geschaffen. Auch die Wurzelkraft zog Hales in das Gebiet seiner Untersuchungen, doch glaubte er dieser Kraft einen Einfluss auf die Bewegung des Saftes absprechen zu müssen.

Ganz im Gegensatz zu Hales' richtiger Erkenntnis der Capillarität als motorische Kraft steht die Auffassung von Dutrochet, der ihre Mitwirkung leugnet. Nach ihm sind dabei zwei osmotisch wirkende Kräfte im Spiele, eine impulsive, welche den Saft nach dem Gipfel der Pflanze treibt, und eine attractive, welche den Aufstieg des Saftes durch Anziehung bewerkstelligt. Diese beiden Kräfte wirken während der verschiedenen Jahreszeiten nicht im gleichen Masse. Im Frühling wird nach Dutrochet's Ansicht das Aufsteigen des Saftes durch die impulsive Kraft veranlasst, die ihren Sitz in der Wurzel hat, und zwar geschieht das durch eine darin enthaltene konzentrierte Lösung organischer Substanz, die osmotisch wirksam ist. Durch das hineintretende Wasser wird sie aber zu verdünnt, um in der Folge allein für die Wasserzufuhr sorgen zu können, und die impulsive Kraft wird nunmehr unterstützt oder ersetzt durch die attractive, die von den transpirierenden Blättern ausgeht, welche sich mittlerweile entwickelt haben.

Trotzdem das Falsche und Unvollständige an dieser Theorie längst erkannt ist, ist sie dennoch für die Wissenschaft von bleibendem Werte gewesen. Die von Dutrochet entdeckte osmotische Kraft wird ebenso wie die Capillarität, mit der ja Hales ausschliesslich das Steigen des Saftes erklären wollte, allgemein als Factor angesehen, der zum Transport des Nährwassers beiträgt.

Einen Schritt weiter that endlich Hofmeister in der Erklärung dieses Phaenomens, indem er auch der Wurzel-

kraft einen Einfluss auf die Wasserbewegung zuschrieb. Schon lange vor ihm, und zwar schon seit Hales, war es bekannt, dass gewissen Pflanzen, namentlich dem Weinstock, die Erscheinung des Blutens eigen war. Doch glaubte man, dass die Eigenschaft nur einigen wenigen Pflanzen zukäme. Nun verfiel Hofmeister auf den sehr einfachen Gedanken, auch andere Pflanzen daraufhin zu untersuchen. Dabei machte er die interessante Wahrnehmung, dass sämtliche Pflanzen, mit denen er experimentierte, das Phaenomen des Blutens zeigten, sogar zu verschiedenen Jahreszeiten, während man bisher der irrthümlichen Ansicht gewesen war, dass diese Erscheinung an gewisse Monate gebunden wäre. Er sah sie daher als allgemein und dauernd vorkommend an und zog die durch die Wurzelkraft verursachte Spannung der Zellen und Gewebe als Erklärung der Wassercirculation herbei:

Es sind also besonders drei Faktoren, nämlich die Capillarität, die osmotische Kraft und die Wurzelkraft, von denen man im allgemeinen annimmt, dass sie wahrscheinlich in einer harmonischen Weise zur Wasserbewegung in der Pflanze beitragen. Doch hat man berechnet, dass die Kräfte noch nicht genügen, das Nährwasser bis zum Gipfel der bisweilen über 100 m hohen Bäume zu befördern. Dazu ist die Mitwirkung vorläufig noch unbekannter Kräfte erforderlich.

Eine ausserordentlich auffallende Erscheinung ist es nun, dass die meisten Wasserpflanzen, selbst wenn sie auch nur teilweise aus ihrem Medium herausgenommen werden, bald an der Luft vertrocknen und absterben. Es hat also den Anschein, als ob die oben angeführten Kräfte bei den submersen Gewächsen vollständig ihre Wirksamkeit verloren haben. Andererseits kann aber auch der Grund dieses besonderen Verhaltens der Wasserpflanzen darin gesucht werden, dass sie das nach oben beförderte Wasser sehr viel schneller infolge übermässiger Ausdünstung verlieren. Um die Frage nach dem Grunde dieses Verhaltens zu beantworten, sind also zwei Faktoren zu berücksichtigen. Entweder hat diese Erscheinung ihren Grund in der unvoll-

kommenen Ausbildung der wasserleitenden Bahnen, oder sie erklärt sich durch mangelhafte Entwicklung der die Verdunstung einschränkenden Einrichtungen, namentlich der Cuticula.

Durch meine Untersuchungen glaube ich den Nachweis geliefert zu haben, dass das schnelle Vertrocknen der an die Luft gebrachten Wasserpflanzen ausschliesslich durch den Mangel an Gefässen bedingt wird. Infolgedessen sind die submersen Gewächse nicht befähigt, einen zu ihrer Ernährung genügenden Transpirationsstrom hervorzurufen. Wohl sind osmotisch wirksame Kräfte thätig, die das Wasser langsam von Zelle zu Zelle saugen, doch sind dieselben nicht ausreichend, um für eine genügende Zufuhr von Nährwasser zu sorgen. Selbst wenn man die Wasserpflanzen durch Cultur in einem annähernd dampfgesättigten Raum vor dem Vertrocknen schützt, sterben sie allmählich ab, wie schon Goebel¹⁾ von der sonst so widerstandsfähigen *Elodea* constatirt hat. Von *Heteranthera zosterifolia* fand derselbe Autor jedoch, dass sie in sehr feuchter Atmosphäre sich gut als Landpflanze ziehen lässt. Der Grund für dies abweichende Verhalten kann nur darin zu suchen sein, dass sie im Gegensatz zu *Elodea* gut entwickelte Gefässe führt. Die Cuticula ist bei beiden Pflanzen gleichmässig zart ausgebildet. Naturgemäss wird der Process des Absterbens wesentlich beschleunigt durch den Mangel an Vorrichtungen, die bei den Landpflanzen getroffen sind, um sie vor allzu grosser Verdunstung zu schützen.

Von den Wasserpflanzen, bei denen die wasserleitenden Bahnen mehr oder weniger ausgebildet sind, konnte ich feststellen, dass die Fähigkeit, einen Transpirationsstrom zu entwickeln, parallel der Ausbildung der wasserleitenden Bahnen geht.

Zunächst suchte ich festzustellen, in welchem Masse den verschiedenen submersen Gewächsen noch die Fähigkeit, einen Transpirationsstrom zu entwickeln, zukommt. Neben-

¹⁾ Goebel, Pflanzenbiolog. Schilderungen. Marburg 1893, Bd. II S. 221.

bei wandte ich auch der Ausbildung der wasserleitenden Bahnen und ihrem Verhalten gegen chemische Reagentien meine Aufmerksamkeit zu. Zum Vergleich benutzte ich bei meinen Untersuchungen H. S c h e n k :¹⁾ „Die Anatomie der submersen Gewächse“, welche Arbeit meine Untersuchungen wesentlich erleichterte, wenn S c h e n k auch auf die für mich besonders wichtigen Verhältnisse, welche die Ausbildung und Anzahl der Gefässe betreffen, nur wenig eingeht.

Bei meinen Experimenten verfuhr ich in der Weise, dass ich die ganzen Pflanzen, resp. einzelne Blätter der beblätterten Stammteile, in der Regel in 4—8 Exemplaren vermittelt feiner Nadeln derart an mit Wasser halb gefüllten Gefässen befestigte, dass die Anheftungsstelle unter dem Wasserspiegel lag. Die Leitungsbahnen wurden dabei nicht verletzt und ausserdem wurde durch diese Versuchsanordnung verhindert, dass die Resultate dadurch ungenau wurden, dass die über dem Wasserniveau sich erhebenden Pflanzenteile eintrockneten und so die unter Wasser befindlichen in die Höhe hoben. Kleinere Individuen hielten sich ohne weitere Stütze aufrecht. War das nicht der Fall, so wurden die weiter aus dem Wasser ragenden Pflanzenteile durch Oesen, die vermittelt eines Eisendrahtes so hergestellt waren, dass eine Reibung möglichst vermieden wurde, in eine verticale Lage gebracht. Schrumpften nun die aus dem Wasser ragenden Pflanzenteile zusammen; so war durch diese Einrichtung die Gefahr beseitigt, dass dadurch die unter Wasser befindliche Anheftungsstelle in Mitleidenschaft gezogen wurde. Die Grenze, über die hinaus der Stamm oder das Blatt eintrockneten, war gewöhnlich bald sichtbar. Abgelesen wurde diese Höhe vermittelt eines Zirkels, und zwar bemühte ich mich namentlich bei kleineren Messungen die Ablesung möglichst bis auf einen halben Millimeter genau zu machen.

Die Untersuchungen wurden während der Sommermonatē in einem Laboratorium vorgenommen, dessen Tem-

¹⁾ Cassel, 1886.

peratur, wenn nicht besonders erwähnt, zwischen 14 und 22° schwankte, und dessen relative Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt 65 % betrug.

Zur besseren Übersicht handle ich meine Beobachtungen in drei Abteilungen ab. Im ersten Abschnitt sind einige Algen abgehandelt. Im zweiten ist das Verhalten der typischen, einseitig angepassten phanerogamen Hydrophyten geschildert, zu denen ich diejenigen submersen Arten rechne, von denen Landformen nicht bekannt sind, und die das Vermögen, Spaltöffnungen und functionsfähige Gefäße zu bilden, verloren haben. Zur dritten Gruppe endlich sind diejenigen gezählt, die unter besonderen Umständen noch ihre Nahrung nach Art der Landpflanzen aufzunehmen imstande sind.

Erste Serie.

1. *Fucus vesiculosus*,
2. „ *serratus*,
3. *Delesseria sinuosa*,
4. *Polyides rotundus*,
5. *Furcellaria fastigiata*,
6. *Phyllophora Brodiaei*,
7. *Laminaria digitata*,
8. *Enteromorpha compressa*,
9. *Chara hispida*,
10. „ *fragilis*.

Zweite Serie.

1. *Ceratophyllum demersum*,
2. *Utricularia vulgaris*,
3. „ *minor*,
4. *Elodea canadensis*,
5. *Lemna trisulca*,
6. *Zostera maritima*,
7. *Zostera nana*,
8. *Valisneria spiralis*,
9. *Ruppia maritima*,

10. *Potamogeton heterophyllus*.
11. „ *perfoliatus*,
12. „ *crispus*,
13. „ *lucons*,
14. „ *pectinatus*,
15. „ *compressus*,
16. *Lobelia Dortmanna*,
17. *Isoetes lacustris*.

Dritte Serie.

1. *Ranunculus fluitans*,
2. „ *aquatilis*,
3. „ *divaricatus*,
4. *Cabomba aquatica*,
5. *Myriophyllum verticillatum*,
6. „ *spicatum*,
7. *Hottonia palustris*,
8. *Callitriche verna*,
9. *Littorella lacustris*,
10. *Stratiotes aloides*,
11. *Alisma Plantago*,
12. *Pilularia globulifera*.

Erste Serie.

Die teilweise von der Luft umspülte Alge *Fucus vesiculosus* war imstande, das Wasser 2½ mm in die Höhe zu leiten. Nach drei Tagen war das ganze über diesen Punkt hinausliegende Gewebe abgestorben. Dasselbe Verhalten zeigte *Fucus serratus* und auch bei *Delileseria sinuosa* waren die Verhältnisse ähnliche. Bei letzterer Art war der Übergang vom turgescenden zum austrocknenden Gewebe dadurch besonders scharf accentuiert, dass im letzteren die Farbe von rot in violett übergegangen war. Auffallend war, dass diese so hervorgerufene, ziemlich scharf markierte Linie ihren höchsten Stand an der Mittelrippe hatte und sich von da im Zickzack nach dem Rande zu allmählich

senkte, indem sie sich an den nächstliegenden Nebenrippen wieder etwas hob. Man wird aus Folgendem erkennen, dass diese Erscheinung nur darin ihren Grund haben kann, dass das Thallusgewebe an den schnell austrocknenden Stellen dicker ist.

Um dies Verhalten näher zu untersuchen, verfuhr ich folgendermassen :

Ich schnitt mehrere gut entwickelte, blattartige Thallustücke der Alge unter Salzwasser ab, das Ferrosulfat im Verhältniss von 1 : 2000 enthielt. Diese Lösung ist nach Bokorny sogar in noch concentrirter Form für Pflanzen unschädlich. In der That hielten sich auch die Algen längere Zeit in dieser Lösung, ohne ihre Farbe zu verändern. Nach einigen Tagen schnitt ich den aus der Eisenlösung ragenden Teil ab und behandelte denselben auf dem Objectträger mit einer schwach sauren Lösung von Ferricyankalium. Sofort färbte sich die Mittelrippe in Höhe von ungefähr 2 mm tiefblau. Etwas weniger scharf trat diese Reaction bei den Nebenrippen ein, während die dazwischen liegende Lamina nur eine schwache Färbung angenommen hatte. Infolge dieser Erscheinung war ich anfangs geneigt anzunehmen, dass die Mittelrippe besonders befähigt wäre, Wasser zu leiten. Aber durch die microscopische Untersuchung der Querschnitte, die ich von den nach der oben beschriebenen Methode behandelten Thallusteilen machte und in der Weise herstellte, dass sie höchstens eine Dicke von einer Zellschicht hatten, wurde ich eines Besseren belehrt. In dieser Lage zeigten nämlich Mittelrippe und Lamina eine gleichmässig hellblaue Färbung.

Versuche, die ich in der Weise anstellte, dass ich Thallusteilen auf einem Objectträger eintrocknen liess und denselben unter dem Mikroskop eine verdünnte Lösung von Methylenblau vermittelst eines Pinsels darbot, zeigten ebenfalls, dass die Gewebe in gleicher Weise befähigt sind, im trockenen Zustand das Wasser empor zu leiten.

Zur Vervollständigung mag noch ein Versuch erwähnt

werden, den O l t m a n n s ¹⁾ zuerst anstellte, um die Leitfähigkeit des Centralcylinders der Moose darzuthun. Die teilweise ausgetrockneten Algenblättchen wurden nach dieser Methode bis ungefähr zur Hälfte auf dem Objectträger in Oel gelegt, mit einem Deckglase bedeckt, und nun wurde seitlich ein Tropfen Methylenblaulösung hinzugegan. Bei diesem drang der Farbstoff ebenfalls gleichmässig in das Gewebe ein. Nachdem der Farbstoff absorbiert worden war, konnte man trotzdem noch das gleichmässige Vordringen des Wassers beobachten.

Bei dem nicht in Lamina und Mittelrippe differenzierten Thallus von Polyides und Furcellaria beobachtete ich eine gleichmässige Steighöhe von 1,5 bis 2 mm.

Merkwürdiger Weise verhielt sich Phyllophora Brodiaei vollkommen abweichend von den oben erwähnten Formen. Es wurden Thallusteilchen in einer Länge von ungefähr 2 cm angesetzt. Mehrere Tage lang blieben dieselben fast bis auf die ganze Länge vollkommen feucht und lebend, trotzdem sie reichlich 1,5 cm aus dem Wasser hervorragten. Bei der anatomischen Untersuchung stellte sich heraus, dass der Phyllophora epiphytische Algen (Ascoecyclus) ansassen, die der ersteren das verdunstende Wasser wieder durch Capillarität zuzuführen vermochten. Wurden die ansitzenden Algen beseitigt, so unterschied sich Phyllophora in ihrem Leitungsvermögen nicht wesentlich von anderen Algen.

Auch der Laminaria digitata kam infolge ähnlicher Verhältnisse ein scheinbar stärkeres Wasserleitungsvermögen zu. Wurden die fremden Ansätze entfernt, so hielt sie sich ebenfalls nur in einer Höhe von reichlich 2 mm feucht.

Besondere Eigentümlichkeiten zeigte Enteromorpha. Infolge ihres schlauchartigen Aufbaues war die grüne Meeresalge befähigt, ihr Gewebe eine grössere Strecke im lebenden Zustand zu erhalten. Wurde der Schlauch aufgeschnitten, so fiel die Capillarkraft weg, und Enteromorpha leitete das Wasser nicht höher wie andere gefässlose Pflanzengewebe.

¹⁾ F. Oltmanns: Über die Wasserbewegung in der Moospfl. etc. Inaug.-Diss. Strassburg 1884.

Interessant war das Verhalten der Characcen, von denen mit *Ch. hispida* und *Ch. fragilis* experimentiert wurde. Anfangs zeigten sie insofern ein annormales Verhalten, als sich in den ersten Tagen das ganze Internodium, das bekanntlich nur aus einer einzigen Zelle besteht, prall hielt, während das über dem Knoten liegende Gewebe alsbald abstarb. Doch nach einigen Tagen vertrocknete auch das Internodium bis auf 2 mm.

Zweite Serie.

Von den Hydrophyten zeigen diejenigen, die im ausgebildeten Zustande keine Gefässe besitzen, keinen bedeutenden Unterschied von einander, was die Unfähigkeit zum Wasserleiten anbetrifft, selbst wenn ihr sonstiger Aufbau viele Verschiedenheiten zeigt; so können z. B. *Ceratophyllum demersum* und *Elodea canadensis*, *Utricularia minor* und *Zostera maritima* in fast genau übereinstimmender Weise nur dem ungefähr 2—2½ mm aus dem Wasser hervorragenden Gewebe die zu ihrer Turgescenz nötige Nährflüssigkeit zuführen, wie später eingehender gezeigt werden wird. Ein Unterschied zeigt sich zur Hauptsache nur in der Zeitdauer, während welcher das transpirierende Gewebe auf das Minimum reduziert wird. Dagegen sind die Pflanzen dieser Gruppe die noch Gefässe besitzen, imstande, das Wasser eine bestimmte, wenn auch gleichfalls nur unbedeutende Strecke, in die Höhe zu leiten.

Als durchaus typische, wurzel- und gefässlose submerse Pflanze möge *Ceratophyllum demersum* diese Gruppe einleiten. Die feinen Gabeläste der Blätter vertrockneten bald an der Luft bis auf 2 mm. Etwas länger hielt sich infolge seiner Dicke der Stamm, aber die diesem ansitzenden Blätter rollten ihre Spitzen ebenfalls bald ein, selbst wenn sie unmittelbar über dem Wasserspiegel dem Stamm entsprangen.

Ähnlich wie *Ceratophyllum* verhielten sich die *Utricularia*-Arten, *Utr. vulgaris* und *minor*. Die ungefähr 3 mm aus dem Wasser hervorragenden Blattgipfel fingen schon nach einer Viertelstunde an, ihre Spitzen einzurollen. Am

nächsten Morgen waren diejenigen Teile der am Abend vorher angesetzten Blätter vollkommen eingeschrumpft, die höher als 2 mm über dem Wasserspiegel hervorragten. Ähnlich wie das Laub verhielt sich der Stamm der *Utricularia*.

Dieselben Verhältnisse wurden bei *Elodea canadensis* angetroffen, nur mit dem Unterschiede, dass Stamm und Blatt längere Zeit gebrauchten, bis sie auf eine constante Höhe von 2 mm eingetrocknet waren. Das Minimum trat erst nach 24 Stunden ein. Genau wie *Elodea* verhielt sich *Lemna trisulca*, die ebenfalls keine Gefässe führt.

Aus demselben Grunde vermochten *Zostera maritima* und *Z. nana* übereinstimmend das Wasser gleichfalls nur kaum $2\frac{1}{2}$ mm hoch zu leiten, während der ähnlich gebauten *Valisneria spiralis* diese Fähigkeit merkwürdiger Weise in etwas ausgedehnterem Masse zukam. Die Blätter hielten sich reichlich 3 mm über Wasser prall und glänzend, während die gleichfalls gefässlose *Ruppia maritima* bis auf 2 mm eintrocknete. Trotz der Feinheit der Blätter verstrichen fast 24 Stunden, ehe dieser definitive Zustand eintrat. Der Grund dafür liegt in der für Wasserpflanzen ungewöhnlich starken Ausbildung der Cuticula.

Charakteristische Unterschiede zeigen die abzuhandelnden Potamogeton-Arten von einander, von denen als erste *Potamogeton heterophyllus* besprochen werden möge. Schon die Eigenschaft zweierlei Blätter ausbilden zu können, deutet darauf hin, dass diese Art den Übergang von dem amphibischen *Potamogeton natans* zu den einseitig submers lebenden Potamogeton-Arten vermittelt.

Ausser dem aus mehreren Leitbündeln zusammengesetzten axilen Hauptbündel enthält der Stamm noch durchschnittlich zwölf peripherisch angeordnete Nebenbündel, die aber im Gegensatz zu ersterem keine Gefässe führen. Das Hauptbündel enthält deren ungefähr sechs, die neben den Hohlräumen liegen, welche den Strang durchziehen. Infolge dieses für Wasserpflanzen sehr günstigen Baues ist *Pot. heterophyllus* auch befähigt, das Wasser eine verhältnismässig bedeutende Strecke in die Höhe zu leiten, und zwar hielten

sich die Gewebe noch nach dreitägiger Versuchsdauer in gleicher Weise ungefähr 1,3 — 1,5 cm prall.

Sowohl in Beziehung auf den anatomischen Bau als auch auf die damit zusammenhängende Wasserleitungsfähigkeit schliesst sich *Potamogeton perfoliatus* eng an *P. heterophyllus* an. Bei dieser Art ist gleichfalls ein durch Resorption der Gefässe entstandener lysigener Gang vorhanden, aber daneben konnte ich auf dem Querschnitt sowohl des Stammes wie der Hauptader des Blattes die Anwesenheit von einigen Ringgefässen beobachten. Weniger gut waren die Gefässbündel in den Nebenadern der Blätter entwickelt. In ihren Centren fanden sich Hohlräume vom Umfange eines mittleren Gefässes. Die wenigen Ringgefässe genügten aber, um die Blätter ungefähr 10 mm hoch prall und glänzend zu halten.

Keinen bemerkenswerten Unterschied hiervon zeigte *Potamogeton crispus*. Infolge des Vorhandenseins einiger weniger Ring- und Spiralgefässe, die aus dem mit Schwefelsäure behandelten Längsschnitt isoliert wurden, welkte nur der obere in einer Höhe von 8—10 mm den Wasserspiegel überragende Teil.

An diese Art schliesst sich wiederum *Potamogeton lucens* eng an. Zwar sind die Gefässe im Stamme nur sehr wenig ausgebildet, und nur ein einziges Ringgefäss durchzieht den Strang, dagegen sind die Gefässe im Blatt und besonders in der Mittelrippe in grösserer Zahl vorhanden, wenn auch nur unvollkommen ausgebildet. Dieselben waren befähigt, den mittleren Teil der Spreite bis auf eine Höhe von 3—6 mm im lebendigen Zustand zu erhalten, während der von den Seitennerven durchzogene Teil der Blattspreite sich weniger hoch prall hielt.

Bei den beiden letzten Arten dieser Gattung, die hier besprochen werden sollen, bei *Pot. compressus* und *pectinatus* hat sich die Zahl der Gefässbündel, aus denen der axile Strang aufgebaut ist, noch mehr vermindert. Trotzdem hält sich das Gewebe doch noch auf eine gewisse Strecke lebensfähig, da mit der Verschmelzung der Bündel die Reduction der Gefässe nicht immer gleichen Schritt

gehalten hat. Die ungefähr 15 mm aus dem Wasser hervorragenden Blätter welkten schon nach halbstündigem Stehen an der Spitze. Am nächsten Tage hielt sich die Blattspreite noch reichlich 5 mm prall. Mit diesem Verhalten stimmten die Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen überein. Die Gefässe waren besonders bei *Pot. compressus* stark durch Resorption in Mitleidenschaft gezogen, und nur die Ringe waren erhalten geblieben. Ebenso gelang es nur mit Mühe, die Anwesenheit von ungefähr drei Ringgefässen bei *Pot. pectinatus* sicher zu stellen. Mit Phloroglucin-Salzsäure zeigten sie eine viel schwächere Rotfärbung als die daneben liegenden Sclerenchymfasern. Ihre ringförmigen Wandverdickungen standen in grösseren Abständen von einander.

Die am besten ausgebildeten Gefässe hat von dieser Gruppe *Lobelia Dortmanna*. Auf dem Querschnitt bemerkt man ein grosses medianes Bündel mit ungefähr 15—20 in einem Halbkreise geordneten Gefässen. Daneben sind noch sechs, an der Peripherie des Blattes liegende Leitbündel zu erkennen in denen der Gefässtheil aber mehr zurücktritt. Infolgedessen ist die *Lobelia* auch von allen nur unter Wasser lebenden Hydrophyten die einzige, die längere Zeit hindurch im Stande ist, das durch Verdunstung verlorne Wasser zu ersetzen. Die Blätter, die ungefähr 5 cm aus dem Wasser hervorragten, hielten sich bis zur Spitze prall und glänzend, begannen allerdings nach achttägiger Versuchsdauer allmählich abzusterben. Ebenso verhielt sich *Lobelia*, wenn die ganze Pflanze bis auf die Wurzeln an die Luft gebracht wurde.

Am Schlusse dieser Gruppe möge das Verhalten von *Isoetes lacustris* noch kurze Erwähnung finden. Dieses typisch submers lebende Farnkraut, von dem Goebel¹⁾ feststellte, dass es selbst nach zweijähriger Kultur auf dem Lande keine Spaltöffnungen entwickelt, führt trotz dieser so weitgehenden Anpassung an das Wasser, dennoch Gefässe,

¹⁾ Goebel, Pflanzenhistologische Schilderungen II. Teil. Marburg 1893.

die *Isoetes* befähigen, ihre Blätter bis zu einer Höhe von ungefähr $3\frac{1}{2}$ cm vor dem Austrocknen zu schützen.

Im Anhang an diese Ausführungen sei noch über das Verhalten berichtet, das die ähnlichen Experimenten unterworfenen Wurzeln zeigten. Es wurden zu diesem Versuch die Wurzeln von Erbsenkeimlingen benutzt. Waren dieselben so unter Wasser befestigt, dass die Wurzeln mit ihrer Spitze aus dem Wasser hervorragten, so zeigte sich, dass dieselben bis auf eine Länge von ungefähr 1,5 cm vertrockneten. Aus der anatomischen Untersuchung ergab sich, dass die Gefässe im vertrocknenden Gewebe wohl schon teilweise angelegt, aber noch unvollkommen ausgebildet waren, so dass auch die Ligninreaction nur undeutlich eintrat.

Dritte Serie.

Die Reihe der die III. Gruppe bildenden weniger charakteristischen Wassergewächse wird eröffnet durch die drei submersen *Batrachium*-Arten *Ranunculus fluitans*, *R. divaricatus* und *R. aquatilis*. Letztere beiden Arten verhielten sich ziemlich übereinstimmend. Stengel und Blatt vertrockneten an die Luft gebracht sehr schnell bis auf $2\frac{1}{2}$ mm. Zu diesen Versuchen wurden ältere Exemplare verwandt, bei denen die in der Jugend angelegten Gefässe bereits vollständig resorbiert waren.

Anders verhielt sich *Ranunculus fluitans*. Die langgestreckten, nadelförmigen, mit ihrer Basis unter Wasser befestigten Blätter, verwelkten schon nach 10 Minuten an der äussersten Spitze. Nach 3 Stunden waren die Blätter bis auf 10 mm verwelkt, während sie sich am nächsten Morgen nur noch 5–6 mm hoch prall hielten. Die aus dem Wasser ragenden einzelnen Blattzipfelchen vertrockneten natürlich noch schneller. Schon nach viertelstündigem Stehen waren sie bis auf $2\frac{1}{2}$ –3 mm verdorrt.

Was nun die Anwesenheit von wasserleitenden Organen anbetrifft, so zeigten sich dieselben auf den ersten Blick überraschend gut entwickelt. Das Hauptbündel des Blattstiels enthielt ungefähr acht, die beiden seitlichen Neben-

bündel für die sich abzweigenden Endgipfel je fünf Gefässe. Wenn dieselben auch wenig gut ausgebildet waren, namentlich auch die Verdickungsringe in ziemlicher Entfernung von einander standen, so musste die geringe Leitungsfähigkeit der Gefässe doch Wunder nehmen.

Vielleicht hängt damit das Verhalten zusammen, das die Gefässe chemischen Reagentien gegenüber zeigten. Gegen die sogenannten Ligninreagentien, von denen Wiesners Reagens, saure Anilinsulfat-Lösung und α -Naphthol-Salzsäure angewendet wurden, verhielten sie sich indifferent; auch wurden sie durch längeres Macerieren in concentrirter Schwefelsäure nicht merklich angegriffen, Chlorzink-Jod rief eine Gelbfärbung hervor. Auch mit dem von Mäule empfohlenen Reageins, das noch nach Entfernung des Hadromals, wenn also Phloroglucin-Salzsäure keine Reaktion mehr giebt, wirksam sein soll, war es nicht möglich eine Rotfärbung hervorzubringen. Die Schnitte wurden dabei verschieden lange Zeit (zwischen 2—20 Minuten) der Einwirkung der 1 % Kaliumpermanganat-Lösung ausgesetzt und selbst nach der Behandlung mit heisser Lösung stellte sich nach dem Entfärben mit Salzsäure und Übersättigen mit Ammoniak-Dämpfen kein Farbenwechsel ein, während zur Kontrolle gleichzeitig behandelte Holzfasern die Reaktion sehr schön zeigten.

Systematisch nahe stehen den Ranunculaceen die Cabombaceen, die in der *Cabomba aquatica* ihren submersen Vertreter haben. Diese Pflanze ähnelt besonders dem *Ranunculus divaricatus* in der Gestalt der Blätter und ist wie diese auch im stande Luftblätter zu bilden. Infolge des gänzlichen Mangels an Gefässen vertrockneten die an die Luft gebrachten Blätter bald, während der Stamm sich wegen seines Saftreichtums noch einige Tage prall hielt, schliesslich aber auch bis auf eine Höhe von reichlich $2\frac{1}{2}$ mm zu Grunde ging.

Infolge der Anwesenheit von Gefässen, die auf dem mit Chlorwasser behandelten Blatt deutlich als ziemlich gut entwickelte Ringgefässe identifizirt werden konnten, vermochte das fiederteilige Blatt von *Hottonia palustris* das

Wasser ungefähr 0,8—1 cm hoch zu heben, und zwar hielten die einzelnen Fiederchen sich um so straffer, je weiter nach unten sie dem Blattstiel ansassen.

Ähnliche Verhältnisse wie *Hottonia* zeigte *Myriophyllum verticillatum*, bei der ebenfalls einige Gefässe von der völligen Resorption verschont bleiben. Die aus ihrem Medium hervorragenden einzelnen Fiederblättchen begannen bald ihre Spitzen einzurollen. Nach einigen Stunden hielten sich die Blätter in einer constanten Höhe von nur noch 5 mm prall. Das ganze fiederspaltige Blatt verhielt sich bei diesem Versuch etwas anders, da der mittlere Nerv infolge der besser entwickelten Gefässe im stande war, das Wasser höher zu leiten, und zwar hielt sich die Mittelrippe analog der *Hottonia* bis auf 8 mm vollkommen turgescens.

Bei *Myriophyllum spicatum* gestalteten sich die Verhältnisse insofern etwas anders, als diese Art feiner und zierlicher gebaut ist, und infolgedessen das Verwelken schneller eintritt. Doch entwickelt sie ebenfalls Gefässe, die das Gewebe eine kleine Strecke über Wasser — ungefähr 4 mm — lebensfähig erhalten.

Abweichend von sämtlichen bisher untersuchten Arten verhält sich die halbamphibisch lebende *Calitriche verna*.

Werden diese Pflanzen nämlich mit ihrem oberen Ende an die Luft gebracht, so bilden sich bekanntlich Rosetten von Luftblättern.

Infolgedessen sind auch in den unter Wasser lebenden Organen Einrichtungen vorhanden, die im Bedarfsfalle den Luftblättern die diesen nötige Nährsalzlösung zuführen. Die Gefässe von *Calitriche* sind daher für diesen Zweck auch genügend vorgebildet, und ihre Wandungen und Verdickungsleisten enthalten charakteristischer Weise Lignin. Trotz ihrer äusserst feinen Cuticula, die nur sehr schwierig in einwandfreier Weise nachzuweisen war, und trotz ihres sehr zierlichen Baues, waren die submersen Pflanzen im stande, das Wasser durchschnittlich 1—1,2 cm hoch zu leiten. Die amphibischen, Luftblätter tragenden Arten, verhielten sich bis zu einer Höhe von 1,8—2,2 cm normal.

Littorella lacustris bildet ebenfalls eine Landform aus, die sich häufig an den Ufern von Seen und Teichen findet, deren Wasserspiegel öfters sinkt. Infolgedessen hat diese Form gut entwickelte Gefässe und zahlreiche Spaltöffnungen, die die Pflanze befähigen, einen normalen Transpirationsstrom hervorzubringen. Wie vorauszusehen, war dies nicht der Fall bei der vollständig untergetaucht lebenden Form. Dieselbe führte drei Gefässbündel, von denen das mittlere ungefähr sieben gut ausgebildete Gefässe enthielt, während die beiden seitlichen, weniger ansehnlichen Bündel deren je 4 bis 5 enthielten. Dadurch wurde die Pflanze in den Stand gesetzt, bis auf eine Höhe von 2,5–3,5 cm einen genügenden Transpirationsstrom zu entwickeln. Blätter einer nur 3 cm hohen Form hielten sich bis auf die Spitze prall.

Besonderes Interesse bietet *Stratiotes aloides*, sowohl was den Bau ihrer Blätter anbelangt, die im jugendlichen Stadium noch spaltöffnungsfrei sind, als auch in Bezug auf ihre periodisch abwechselnde, bald völlig submerse, bald amphibische Lebensweise. Die jugendlichen, noch vollständig untergetaucht lebenden Blätter, deren Länge bis zu 5 cm betrug, hielten sich bis auf eine Höhe von 1,5–2 cm prall, während die weiter entwickelten, schon teilweise aus dem Wasser hervorragenden Blätter je nach ihrem Alter den Saftstrom bedeutend höher leiteten. Bei den vollständig ausgewachsenen Blättern rollte sich nur die äusserste Spitze ein wenig ein. Gefässe waren in jungen und alten Blättern zahlreich vorhanden und die Verdickungsringe lagen immer dicht nebeneinander. Doch zeigten sie einen Unterschied im Verhalten gegen Phloroglucin: Nur die Gefässe in den älteren Blättern zeigten nach der Einwirkung von Wiesner's Reagens eine deutliche Rotfärbung.

Interessant war es für mich, die verschiedenen Blattformen von *Alisma Plantage*, die in Gestalt und Lebensweise bedeutende Unterschiede von einander zeigen, auf ihre Leitfähigkeit hin zu untersuchen. Bei der anatomischen Untersuchung der langen, linealförmigen Schwimmblätter, die nur in tieferen Gewässern vorkommen, zeigte sich, dass

die peripherisch im Blatt verteilten Leitbündel Gefässe enthielten, die aber wieder mit Phloroglucin-Salzsäure keine Reaction gaben und das Wasser auch nur 1,8—2 cm über den Wasserspiegel zu leiten vermochten. Ähnlich wie diese Blattform verhielten sich die auf die zarten Erstlingsblätter folgenden, welche schrittweise in Luftblätter übergehen. Es wurden von dieser Form Blätter von verschiedener Entwicklung angesetzt, auf die man von der Anwesenheit und Ausbildung der Spreite schliessen kann. Schon nach 1—2 Stunden zeigten die Stengel der Blätter mit submersen Habitus, bei denen die Blattspreite nur sehr schwach angedeutet war, grosse Neigung zum Verwelken. Nach vierstündigem Stehen waren die Blätter schon bis zur Hälfte zusammengeschrumpft. Bei einem zweiten Blatt, das bereits einen schwachen Ansatz zu einer Spreite zeigte, war letztere sowie das obere Ende des Stengels verdorrt. Ein drittes Blatt, das eine ungefähr 3 cm lange Blattspreite entwickelt hatte, zeigte nur wenig Anlage, während endlich ein viertes normal entwickeltes Luftblatt einen für die Wasserversorgung genügenden Transpirationsstrom erzeugen konnte. Nach 24stündigem Stehen zeigten die Blätter noch annähernd dasselbe Verhalten, nur waren die Übergangsstellen vom transpirierenden zum vertrockneten Blattteil schärfer accentuiert. Es wurde für das erste Blatt eine transpirierende Strecke von annähernd 2 cm, bei dem zweiten Blatt von ungefähr $3\frac{1}{2}$ cm und für das dritte von 5—6 cm constatiert. Die angesetzten Blätter waren von derselben Länge und ragten gleichmässig weit aus dem Wasser hervor. Aus der mikroskopischen Untersuchung ergab sich das Vorhandensein von zahlreichen Ringgefässen, deren ich bei dem auf der untersten Stufe der Entwicklung stehenden Blatt gegen acht zählen konnte. Dieselben zeigten nach Behandlung mit Wiesner's Reagens nur eine sehr undeutliche Rotfärbung, aber je weiter die Blätter als Luftblätter entwickelt waren, um so mehr nahm die Reaktionsfähigkeit ihrer Gefässe zu.

Ein bemerkenswertes Verhalten zeigte *Pilularia globulifera*. Trotz ihres zarten Baues und ihrer kaum sichtbaren Cuticula, war sie imstande, einen für ihre Wasser-

versorgung genügenden Transpirationsstrom hervorzubringen. Die im medianen Gefässbündel vorhandenen, durch Phloroglucin deutlich färbbaren Gefässe und Tracheiden, scheinen die *Pilularia* zu befähigen, auch längere Zeit ausserhalb des Wassers zu vegetieren, zumal ihr gut ausgebildete Wurzeln nicht fehlen.

Dass die mangelhafte Ausbildung der Cuticula für das schnelle Vertrocknen der Wasserpflanzen erst in zweiter Linie in Betracht kommt, geht noch besonders aus den nachfolgend beschriebenen Injectionsversuchen hervor, für die sich namentlich *Elodea canadensis* und *Valisneria spiralis* geeignet erwiesen. Weniger gute Objecte schienen die *Potamogeton*- und die *Zostera*-Arten zu sein.

Zuerst experimentierte ich mit *Elodea*. Ich verfuhr dabei in der Weise, dass ich unbeschädigte, kräftig aussehende Sprosse mit möglichst scharfer Schnittfläche in das mit so viel Wasser beschickte Injektionsgefäss legte, dass dieselben vollständig von der Flüssigkeit bedeckt waren. Alsdann wurde der Apparat vermittelt einer Wasserstrahlpumpe möglichst luftleer gemacht, welche Operation durch vorsichtiges Erwärmen auf 30° unterstützt wurde. Die Erfahrung lehrte, dass nach ungefähr 20 Minuten die Injection der Interzellularräume eingetreten war. Unter dem Microscop zeigten sich die Blätter alsdann lebend und luftleer. Die dunklen Linien, welche die luftgefüllten Interzellularräume der nicht injicierten Pflanzen andeuten, hatten sich in helle, durchscheinende Streifen verwandelt. Sofort nach Beendigung dieses Experiments wurden die Pflanzen nach der zu Anfang dieser Abhandlung beschriebenen Methode in bereit gehaltenen Gefässen angesetzt und zwar mit der Vorsichtsmassregel, dass die Schnittfläche des Sprosses nicht mit der atmosphärischen Luft in Berührung kam, um ein Eindringen derselben möglichst zu vermeiden. Zur Controlle wurden neben den injicierten sechs Pflanzen ebensoviel andere angesetzt. Der Unterschied zwischen den injicierten und den nicht luftleer gepumpten Pflanzen war überraschend. Letztere zeigten schon nach einer Stunde grosse Neigung zum Verwelken und waren bald bis auf ungefähr 2 mm

eingetrocknet, während die injicierten Exemplare sich vorerst noch vollkommen prall hielten. Erst am folgenden Morgen hatte der Turgor bei den oberen Blättern etwas nachgelassen, während die unteren Blätter und der Stamm immer noch ihr normales Aussehen behielten. Dies erklärt sich aus dem merkwürdigen Bau des Blattes, deren Spreite nur zwei Zellschichten dick, und dessen Cuticula so unscheinbar ist, dass sie kaum nachzuweisen ist. Dem ausströmenden Wasserdampf wird daher nur ein geringer Widerstand entgegengesetzt.

Aus diesem Verhalten scheint hervorzugehen, dass die Interzellularräume, aus denen die Luft ausgetrieben ist, die Gefässe in ihrer wasserleitenden Function vertreten können. Hervorzuheben ist aber, dass dies nur für eine kurze Zeitdauer gilt; nach mehrtägigem Stehen starben die Pflanzen ab, und selbst die sonst so widerstandsfähige *Elodea* gelang es nicht nach einer sechstägigen Versuchsdauer am Leben zu erhalten, wenn sie wieder ihrem gewöhnlichen Medium zurückgegeben wurde.

Wie schon erwähnt, eignete sich *Valisneria spiralis* in gleich vorzüglicher Weise zu diesem Versuch. Der Unterschied zwischen den injicierten und nicht injicierten Blättern trat hierbei noch unzweideutiger hervor. Es wurden zu diesem Versuche ungefähr 20 cm lange Blätter verschiedenen Alters und Ausbildung benutzt. Auch Blattteile, die der Mitte des Blattes entnommen waren, kamen zur Anwendung. Bereits nach einer halben Stunde liess der Turgor bei den nicht injicierten Blättern sichtbar nach. Nach zwölf Stunden waren sie ungefähr bis auf ein Drittel eingetrocknet. Die injicierten Blätter, besonders die älteren Exemplare hielten sich noch tagelang prall, und ihre Oberfläche behielt das frische und gesunde Aussehen normal vegetierender Blätter.

Bei *Zostera maritima* verliefen wiederholte Versuche ziemlich resultatlos. Wahrscheinlich setzen die Diaphragmen dem Eindringen von Wasser einen zu grossen Widerstand entgegen. In geringerem Maasse war dies bei *Potamogeton crispus* und *perfoliatus* der Fall, doch hielten sich die injicierten Blätter immerhin noch einige Zeit lang turgescens.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Menge des verbrauchten Wassers zu bekommen, wiederholte ich diese Versuche noch einmal und suchte durch Wägung die Quantität des durch das injizierte Intercellularsystem aufwärts gepumpten Wassers festzustellen. Wegen der starken Verdampfung, der die submersen Gewächse infolge ihrer feinen Cuticula im besonderen Maasse unterliegen, machen die wenigen weiter unten angeführten Zahlen allerdings keinen grossen Anspruch auf Genauigkeit. Ich verfuhr dabei in der Weise, dass die vom anhaftenden Wasser oberflächlich befreiten Pflanzen nach Feststellung ihres Gewichts zunächst injiziert und dann in mit Wasser halb gefüllte Röhren gesetzt wurden. Das Verdunsten des Wassers wurde durch eine Oelschicht verhindert.

Name der injizierten Pflanze.	Gewicht der Pflanze.	Gewichtsverlust nach 12 Stunden.
<i>Elodea canadensis</i>	0,68 gr	0,14
<i>Valisneria spiralis</i>	1,26 „	0,18
<i>Potamogeton crispus</i>	0,73 „	0,21
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	1,35 „	0,18

Pro 100 gr auf 24 Stunden berechnet, ergibt sich für *Elodea* ein Gewichtsverlust von reichlich 41 gr, für *Valisneria* von circa 29,5 gr. Zum Vergleich führe ich die Verdunstungsgrösse an, die Eder von *Acacia longifolia* ermittelte, von der er hervorhebt, dass bei dieser Pflanze Spaltöffnungen nur in geringer Zahl vorhanden sind, das Durchlüftungssystem jedoch gut ausgebildet ist. Der Gewichtsverlust betrug bei *Acacia*, von Eder ebenfalls auf 100 gr Blattsubstanz, für 24 Stunden berechnet, 47,515 gr.

Aus der vorstehenden Abhandlung ist ersichtlich, dass ohne gut entwickelte Holzgefässe die Pflanzen zu einer für die Transpiration ausreichenden Wasserversorgung nicht befähigt sind. Sind rudimentäre Gefässe ausgebildet, so ist die Grösse des dadurch hervorgebrachten Transpirationsstromes parallel der Ausbildung der wasserleitenden Bahnen.

II.

Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Verbrennung.

Die Dissimilation, welche die potentielle Energie der durch die Vorgänge der Assimilation gebildeten Arbeitsstoffe¹⁾ zur Erhaltung des Lebens in kinetische Energie umwandelt, wird zur Hauptsache durch Oxydation bewirkt. Dafür, dass energische Oxydationsprocesse sich im tierischen und pflanzlichen Organismus abspielen, sprechen zahlreiche Beobachtungen, die schon vor längerer Zeit, namentlich von Tierphysiologen gemacht wurden. Es wurde der Nachweis geführt, dass dem Körper die Fähigkeit zukommt, auch solche Stoffe zu oxydieren, die ausserhalb desselben gegen oxydierende Mittel sehr beständig sind. So wird z. B. Toluol im tierischen Organismus in Benzoesäure umgewandelt und Benzol verlässt den Körper als Hydrochinon.²⁾

Zur Erklärung dieser Erscheinung wurden verschiedene Hypothesen aufgestellt: Unter anderen vertrat Hoppe-Seyler³⁾ die Anschauung, dass im lebenden Organismus fortwährend nascierender Wasserstoff gebildet wird, der nach

¹⁾ Vergl. Reinke: Einleitung in die theoretische Biologie. Berlin. 1901. S. 269.

²⁾ Vgl. Reinke: Botanische Ztg. 1883.

Die Antoxydation in der lebenden Zelle S. 73.

Zusammengestellt sind die hierauf bezüglichen Untersuchungen in Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. IV. S. 838.

³⁾ Hoppe-Seyler: Chemische Berichte XVI. 1917. 1883.

Art des mit H gesättigten Palladiumblechs den Sauerstoff der Luft activiert und zwar so, dass ein Atom des gespaltenen O_2 sich mit H vereinigt, während das andere nunmehr, weil im atomistischen Zustand, befähigt ist, auch sonst schwer verbrennliche Körper, wie z. B. Traubenzucker, zu oxydieren.

Gegen diese Anschauung wandte sich Traube,¹⁾ indem er nachwies, dass masciirender H den O_2 nicht zu activieren imstande sei. Statt dessen stellte sich Traube den Oxydationsprocess nun so vor, dass er im Protoplasma das Vorhandensein von sogenannten „Erregern“ annahm, durch welche die Activierung des O_2 veranlasst wird und zwar wird nach ihm der das O_2 -Molekül spaltende Körper bei diesem Process selbst nicht angegriffen. Als Beispiel einer solchen Activierung verwies er auf die sogenannten katalytischen Oxydationen, welche durch gewisse Metallsalzlösungen²⁾ infolge ihrer Einwirkung auf Wasserstoffsuperoxyd oder Kaliumchlorat bewirkt werden.

Im Anschluss an diese Theorie wies nun Reinke³⁾ auf die Möglichkeit hin, dass ein von ihm aus den Zuckerrüben isolierter Autoxydator im Sinne des Traube'schen Erregers wirken könne. Dieser Körper, dem wegen seiner Neigung, sich mit dem O_2 der Luft zu einer Verbindung von roter Farbe zu vereinigen, der Name Rhodogen gegeben wurde, bewirkt die Verfärbung des anfangs farblosen Press-

¹⁾ Traube: Chemische Berichte XV. S. 659. 2421. 2434.

²⁾ Diese Fähigkeit kommt besonders den Mangansalzen zu, welche auch schon seit längerer Zeit zur Herstellung des Leinoel-Firnis praktische Anwendung gefunden haben. Nach Barruel wird die Verharzung des Leinoels wesentlich durch Manganborat befördert; ein Teil desselben soll zur schnellen Trocknung von 1000 Teilen Oel ausreichen. Vgl. Handbuch der chemischen Technologie. Ferd. Fischer, Leipzig 1893. Vgl. auch Oswald: Grundriss d. anorg. Chemie 5. 597. Leipzig 1900. Ähnlichen Speculationen giebt auch Bertrand Raum, vgl. darüber Comptes rendus 124. S. 10, 32 u. 1355.

³⁾ J. Reinke: Ein Beitrag zur Kenntnis leicht oxydierbarer Verbindungen des Pflanzenkörpers. Hoppe-Seilers Zeitschr. f. physiol. Chemie 1882. S. 263.

saftes der Zuckerrüben und zwar durch Aufnahme von O_2 aus dem umgebenden Medium und wurde nach folgendem Verfahren isoliert: Der frisch ausgepresste Saft ward auf dem Wasserbade auf $70-80^\circ$ erhitzt und nach dem Abkühlen mit basischer Bleiacetatlösung gefällt. Der indigoblaue Niederschlag wurde auf dem Filter gesammelt, nach dem Auswaschen mit Wasser aufgeschlemmt und durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Das Filtrat des H_2S -Niederschlags gab an Äther das Rhodogen ab, das nach dem Verdunsten des Lösungsmittels im Becherglas als amorphe oelhaltige Substanz von gelblicher Farbe zurückblieb. Beim Stehen an der Luft nahm dieser Körper eine kirschrote Färbung an. Mit Zinkstaub behandelt entfärbte er sich wieder, um nach dem Filtrieren abermals in das rote Oxydationsproduct überzugehen. Ein Zusatz von Äther verhinderte das Rotwerden, wurde aber die ätherische Lösung auf Wasser gegossen, so ging der Körper in Wasser über, das nunmehr seine Farbe nach Art des frischen Rübensaftes veränderte. Die Annahme, dass ein solcher Körper durch seine eigene Oxydation auch die Verbrennung schwieriger oxydierbarer Stoffe einleiten könne, lag also nahe.

Im Folgenden werde ich einen Versuch beschreiben, den ich nach dieser Richtung hin anstellte. Um das Rhodogen zunächst darzustellen, wurden 4,5 kg Rüben geschält, in kleinere Stücke geschnitten und vermittelst einer Fleischhackmaschine zu einem Brei verarbeitet, aus dem durch scharfes Auspressen reichlich 1,5 kg Saft gewonnen wurde, der aber nicht, wie Reinke es von der von ihm verarbeiteten Rübensorte beschrieb, eine weinrote, sondern sofort eine schmutziggraue Färbung annahm. Nach dem Füllen mit Bleiessig, Behandeln des Niederschlags mit H_2S und Ausschütteln des Filtrats mit Äther, ging ebenfalls in dieses Lösungsmittel ein oelartiger Körper über, der bei weiterem Eindunsten einharzartige Consistenzannahme, bei gewöhnlicher Temperatur seine Farbe aber nicht veränderte, beim Erwärmen hingegen sofort braunrot, und nach dem Stehenlassen an der Luft wohl durch weitere Oxydation gelb wurde.

Ein Teil der ätherischen Lösung wurde vor dem

Verdunsten des Äthers einer sterilisierten Traubenzuckerlösung von 0,5% zugesetzt, und die Mischung mehrere Tage lang bei 30° digeriert. Die Untersuchung vermittelst Fehlingscher Lösung ergab, dass der Traubenzuckergehalt constant geblieben war. Ebensowenig konnte nach dem Erhitzen auf 60—70° eine Verminderung des Traubenzuckers nachgewiesen werden.

Unter einer später untersuchten Rübensorte fanden sich manche, bei denen eine Verfärbung überhaupt nicht eintrat, während andere diese Erscheinung nur in ganz unvollkommener Weise zeigten. Bei einzelnen Individuen nahm beim Zerreiben nur die äusserste Schicht eine schwache Rotfärbung an, während die mittleren Partien dieser Rüben vollkommen farblos blieben.

Ich versuchte nunmehr nach einer anderen Richtung hin, die Ursache der Traubenzuckerverbrennung in den Rüben aufzuklären, und zwar bestimmten mich verschiedene Umstände, nach den Traube'schen Oxydationsfermenten zu suchen, zumal die im letzten Jahrzehnt von vielen Forschern gemachten Untersuchungen und Beobachtungen mehr und mehr zu der Vorstellung nötigen, dass die Oxydationsvorgänge im tierischen und pflanzlichen Organismus gewissen katalytisch wirksamen Fermenten, den sogenannten Oxydasen, zuzuschreiben sind.

Was speciell die Verfärbung des Rübensaftes anbetrifft, so spricht Epstein¹⁾ die Ansicht aus, dass dieselbe durch ein solches Ferment hervorgerufen werde.

Experimente²⁾, die in dieser Richtung von anderen Autoren

¹⁾ Epstein, Untersuchungen über das Dunkelwerden der Zuckerrübensäfte. Archiv der Hygiene 1899. Bd. 36. 5. 143.

²⁾ So liess Schönbein (Journ. f. practische Chemie Bd. XV. S. 198 1868) den wässerigen Extract eines selbstbläuenden Pilzes auf den alkoholischen Auszug desselben Pilzes wirken. Das im Weingeist enthaltene harzartige Chromogen wurde dadurch zu einem blauen Farbstoff oxydiert.

Durch Zusatz von reichlich Alkohol fällte Yoshida (Journal of the chem. Society Bd. XLVIII. VIII. S. 472, 1883) aus dem ganz frischen, noch farblosen Saft von *Rhus vernicifera* eine weissliche Substanz, worauf die für gewöhnlich eintretende Färbung des Saftes unterblieb. Wurde jedoch der Niederschlag wieder mit dem Filtrat vereinigt, so trat wie gewöhnlich starke Bräunung ein.

Nach Lindet (Le Cidre p. 150. 1893) bleibt gekochter Apfelsaft farblos, wird zu diesem Saft aber ein aus frischer Pressflüssigkeit vermittelst Alkohol gefällter Niederschlag hinzugefügt, so tritt Verfärbung ein.

In ähnlicher Weise konnte auch aus dem sich an der Luft verfärbenden Rübensaft ein weisslicher Niederschlag erhalten werden. In dem Filtrat unterblieb dann ebenfalls die Farbänderung.

angestellt sind, um die Ursache der Saftfärbung verschiedener Pflanzen zu erforschen, scheinen geeignet, diese Behauptung zu stützen.

In der That gaben die Rüben die sogenannten „Oxydasen“-Reactionen sehr deutlich: Wurde eine Schnittfläche mit Guaiaktinctur betupft, so trat bald Blaufärbung ein, die besonders deutlich an den äusseren Schichten der Rüben sichtbar wurde. Diese Reaction zeigt die Anwesenheit einer „echten Oxydase“ an, wie Bourquelot¹⁾ diejenigen Stoffe nennt, welche die Fähigkeit haben, Sauerstoff zu übertragen, ohne dabei an die Gegenwart eines leicht atomistischen O abspaltenden Körpers gebunden zu sein, während ein anderes Ferment, das erst nach einem weiteren Zusatz von H_2O_2 eine sehr intensive Blaufärbung auf der ganzen Schnittfläche hervorrief, zur Kategorie der indirecten Oxydasen gehörte. Mit diesem Namen sind diejenigen Stoffe bezeichnet worden, die zur Ausübung einer oxydierenden Wirkung erst dann im stande sind, wenn ihnen infolge der Gegenwart von H_2O_2 nur lose gebundener, atomistischer Sauerstoff zur Verfügung steht. Sie sind deshalb noch besonders dadurch charakterisiert, dass sie grössere Mengen von H_2O_2 unter Bildung von O_2 zu zersetzen vermögen. Um zunächst einmal die H_2O_2 zersetzende Kraft der Rübenzelle quantitativ zu bestimmen, verfuhr ich folgendermassen: Eine abgewogene Menge fein geriebenen und zerquetschten Rübengewebes wurde mit einer bestimmten Quantität destillierten Wassers angerieben und im Thermostat auf die Versuchstemperatur vorgewärmt, ebenso wie die zum Versuch bestimmte Menge H_2O_2 . War dieser Zustand erreicht, so ward das das H_2O_2 enthaltende Gläschen in den mit der Rübenpulpa beschickten Kolben hineingeführt und die Verbindung mit dem Endiometer mittelst eines mehrfach gebogenen Glasrohres hergestellt. Durch sanftes Neigen des Kolben floss der Inhalt des das H_2O_2 enthaltenden Fläschchens heraus, und nach dem Mischen trat augenblicklich

¹⁾ Bourquelot, Comptes rendus de la société de Biologie 1897, 402.

eine heftige Reaction ein, indem sich in lebhafter Weise O_2 entwickelte, der die Gewebefragmente an die Oberfläche des Kolbeninhaltes hob und beim Schütteln sogar bis zum Endiometer fortriss. Im Beginn der Reaction war die Sauerstoff-Entwicklung am stärksten und zwar gaben 10 gr Rübenpulpa mit 10 gr H_2O_2 -Lösung von 1,8% unter Zusatz von 40 ccm Wasser während der ersten Minute 12 ccm O_2 . Nach einer Stunde hatten sich 62 ccm O_2 im Massgefäß gesammelt. Es fand dann keine O_2 -Abspaltung mehr statt, obgleich noch H_2O_2 im Reaktionsgemisch nachzuweisen war. Am besten ging die H_2O_2 -Zersetzung bei einer Temperatur von $38-42^\circ$ vor sich. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur verlief die Reaction bedeutend langsamer, ebenso wie bei einer Temperatur von über 50° . Wurde die mit Wasser vermischte Rübenpulpa kurze Zeit gekocht, so wurde dadurch die Einwirkung auf H_2O_2 noch nicht ganz zum Stillstand gebracht, die Thätigkeit der Fermente wurde erst durch längeres Erhitzen vollkommen aufgehoben. Eine Rübenscheibe, die kurze Zeit lang auf 130° erhitzt war, zeigte auch noch katalytische Eigenschaften. Rübenschnitzel, die mehrere Tage lang hartem Froste ausgesetzt gewesen waren und nach dem Wiederauftauen schon eine ganz schwarze Färbung angenommen hatten, reagierten ebenso wie das frische Gewebe. Wurden dieselben Rübenfragmente wiederholt mit H_2O_2 versetzt, so hörte die O_2 -Entwicklung zuletzt auf. Entfernte man aber die wahrscheinlich bei diesem Process entstehenden Spaltungsproducte durch Auswaschen der Rüben auf dem Filter, so reagierten sie von neuem auf H_2O_2 , wenn auch im bedeutend abgeschwächten Masse.

In ähnlicher Weise wie die gestossenen Rüben wirkten die wässerigen Extracte, die durch 12stündiges Digerieren eines Gemisches, bestehend aus 100 gr Rübenschnitzel mit 400 gr destilliertem Wasser, bei nachheriger Filtration bereitet war. Doch wirkte dies Extract ¹⁾ bedeutend schwächer.

¹⁾ Die bei einer Temperatur von 0° aufbewahrten Rübenauszüge gaben nach 4 Wochen noch deutlich die Guaiak-Wasserstoffsuperoxyd-Reaktion.

auf H_2O_2 ein, verlor auch die fermentative Eigenschaft durch 5 Minuten langes Kochen, ebenso wie durch halbstündiges Erwärmen bei 70° auf dem Wasserbade.

Dass gewissen Fermenten in tierischen wie pflanzlichen Geweben in ähnlicher Weise eine H_2O_2 zerlegende Kraft innewohnt, ist schon seit Schönbein¹⁾ bekannt, der allen Fermenten dies Vermögen zuschrieb, während Jacobsen²⁾ später auf eingehende Untersuchungen gestützt, feststellen konnte, dass die spezifische Fermentwirkung nicht mit der O_2 entbindenden Kraft parallel geht. Diese Beobachtung konnte Raciborski³⁾ bestätigen. Spitzer⁴⁾ gelang es aus verschiedenen tierischen Organen, namentlich aus der Leber H_2O_2 spaltende Stoffe zu isolieren, die er als Nucleoproteide ansah, und denen zu gleicher Zeit auch eine oxydasische Wirkung zukam. Nach der von Spitzer angegebenen Darstellungsweise versuchte auch ich die O entbindenden Substanzen zu gewinnen und macerierte zu diesem Zweck fein gestossene Rübenfragmente unter häufigem Umrühren mit der 5fachen Gewichtsmenge destillierten Wassers 24 Stunden hindurch bei einer Temperatur von annähernd 20° . Nach dem Abpressen und Filtrieren der schwach sauer reagierenden Macerationsflüssigkeit wurde dieselbe mit $\frac{1}{10}$ Normal-Essigsäure bis zur völligen Klärung versetzt und nach dem Mischen beiseite gestellt. Nach einiger Zeit hatte sich ein feinflockiger Niederschlag gebildet, der auf Gnaiaktinctur gar nicht und auf H_2O_2 nur sehr schwach einwirkte, ganz im Gegensatz zu den Substanzen, die Spitzer nach diesem Verfahren aus den Leberextracten gewann. Da auch im Filtrat eine oxydative Wirkung nicht mehr nachgewiesen werden konnte, so ist anzunehmen, dass die Oxydationsfermente durch Essigsäure zerstört wurden. Den tierischen

¹⁾ Schönbein, Journal f. pract. Chemie Bd. 75 u. ff.

²⁾ Jacobsen, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1892. Bd. XVI.

³⁾ Raciborski, Berichte d. deutschen botan. Gesellschaft Bd. XVI, 1898, S. 55.

⁴⁾ Spitzer, Archiv für Physiologie 67, 615. Bedeutung gewisser Nucleoproteide für die oxydative Leistung der Zelle.

Fermenten scheint danach eine wesentlich geringere Widerstandsfähigkeit gegen diese Verbindung zuzukommen.

Zur Darstellung der Fermente benutzte ich nunmehr die Alkohol-Fällungsmethode; dabei ergab sich der Übelstand, dass die katalytisch wirksamen Substanzen der Zuckerrübe erst in einer Mischung ausfallen, die mindestens 85 % Alkohol enthält. Wegen des Saftreichtums des zu verarbeitenden Materials wurde dasselbe zunächst in feine Scheiben zerschnitten, um dieselben bei niedriger Temperatur möglichst austrocknen zu lassen. Der geriebene, immer noch viel Feuchtigkeit enthaltende Rückstand wurde sodann abgepresst, und der Saft mit dem zehnfachen Volumen 96 % Alcohols versetzt. Bald entstand ein weisslicher Niederschlag, der auf dem Filter gesammelt wurde. Ein Teil des Rückstandes wurde bei ganz gelinder Wärme getrocknet, wobei er eine etwas dunklere Färbung annahm. Der Rest ward mit etwas Wasser verrieben, in dem er nur wenig löslich zu sein schien, doch gab das wässrige Filtrat noch deutlich die Guaiak-reaction, ebenso wie der noch feuchte Niederschlag, während die getrocknete Substanz diese Reaction schon nicht mehr gab. Wurde sie jedoch mit einigen Tropfen H_2O_2 -Lösung versetzt, so verwandelte sich die Mischung unter heftiger O_2 -Entwicklung sofort in eine schaumartige Masse, die nach Zusatz von etwas Gnaiakauflösung sofort eine dunkelblaue Färbung annahm.

Die O_2 -Abspaltung unterblieb auf Zusatz von Protoplasmagiften, von denen Carbol- und Salicylsäure angewendet wurden. Auch eine alkoholische Auflösung von Thymol hemmte die Fermentwirkung bedeutend. Ein Zusatz von Aether blieb ohne Einfluss auf die Reaction. Hingegen wurde durch Kochen die H_2O_2 zerlegende Kraft völlig vernichtet.

Ward etwas Fermentbrei mit Pyrogallol vermischt, so färbte sich letzteres in wenigen Sekunden dunkelbraun. Wurde die Mischung jedoch vor dem Zusatz von Pyrogallol gekocht, so unterblieb die Oxydation desselben. Einen ähnlichen Einfluss übte die fermenthaltige Substanz auf Hydrochinon aus. Sie zeigte also ähnliche Eigenschaften wie die von

Bertrand¹⁾ aus dem Saft des Lackbaumes isolierte Laccase, welche die mehrwertigen und besonders die Meta- und Paraphenole schnell zu oxydieren vermochte. Zugleich wies Bertrand nach, dass bei diesen Versuchen O₂ verschwand, während CO₂ sich bildete.

Analoge Oxydationserscheinungen konnten Röhmann und Spitzer²⁾ auch durch tierische Gewebe hervorbringen sie benutzten dazu gewisse Farbstoffsynthesen, die dadurch zu stande kommen, dass bestimmten organischen Körpern in alkalischer Lösung atomistischen O infolge der Erregung molecularen O₂ zugeführt wird. Dasselbe Verfahren wandte auch Slowtyoff³⁾ an, um die Wirkung des aus den Kartoffeln hergestellten Oxydationsfermentes zu bestimmen.

Um nun den Nachweis zu führen, dass die Gewebe solcher Pflanzen, deren Saft sich an der Luft nicht verfärbt, ähnliche Oxydationsfermente enthalten, wiederholte ich die Versuche mit Erbsenkeimlingen. Übrigens rät auch Nasse⁴⁾ davon ab, mit sich färbenden Pflanzenteilen auf diesem Gebiet Versuche anzustellen, da bei diesen womöglich secundäre Processe mit in Action treten.

Zunächst benutzte ich zur Darstellung der fermenthaltigen Niederschläge folgende Methode: 150 gr gekeimte Erbsen, deren Würzelchen durchschnittlich eine Länge von 3 cm hatten, wurden im Porzellan-Mörser mit Hilfe von grobem Glaspulver möglichst fein zerstampft. Diese Masse gab ungefähr 50 gr Presssaft von weisslichem, emulsionsartigem Aussehen, der sich an der Luft nicht verfärbte. Guaiak rief in demselben sofort Blaufärbung hervor, welche Reaction durch Zusatz einiger Tropfen H₂O₂ noch bedeutend schärfer hervortrat. Zugleich ging hierbei eine kräftige O₂-Entwicklung vor sich. Zur Abscheidung der Fermente wurde der Saft nach der Filtration mit dem 10 fachen Volumen Alcohol versetzt. Der dabei entstehende flockige Niederschlag ward auf dem Filter gesammelt und, um die fer-

¹⁾ Bertrand: Ann. de chem. et. physiol. 7e s. t. XII, 1897.

²⁾ Röhmann und Spitzer: Chem. Berichte 28. I. 568.

³⁾ Slowtyoff; Zeitschr. für physiol. Chemie XXXI, S. 230.

⁴⁾ Nasse: Verhandl. deutscher Naturf. und Ärzte 64, 1891, S. 145.

menthaltigen Bestandteile möglichst zu isolieren, wurde ein Teil davon mit Glycerin angerieben und einen Tag lang mit diesem Lösungsmittel bei Zimmertemperatur digeriert. Das Filtrat gab vorläufig noch die Guaiakreaction, aber bereits bedeutend schwächer als der frische Saft. Nach 12 stündigem Stehen trat die Blaufärbung auf Zusatz von Guaiaklösung allein nicht mehr auf, während bei einem weiteren Zusatz von H_2O_2 das Glycerinfiltrat noch dasselbe Verhalten zeigte wie der frische Saft.

Die andere Hälfte des auf dem Filter zurückgebliebenen Alcohol Niederschlags wurde auf einer Glasplatte ausgebreitet, um es bei einer Temperatur von 30° schnell zum Trocknen zu bringen. War dieser Zustand erreicht, so hatte das Präparat nunmehr auch die Eigenschaft verloren, Guaiaktinctur für sich allein blau zu färben.

Eine andere Darstellungsmethode lieferte eine Substanz von etwas höherer Wirksamkeit und gab auch eine bessere Ausbeute. Es wurden danach die fein zerstossenen Erbsenkeimlinge mit der gleichen Gewichtsmenge Glycerin angesetzt und eine Nacht hindurch bei 30° stehen gelassen. Die von dieser Mischung abgepresste und filtrierte, gelbliche Flüssigkeit reagierte noch ziemlich deutlich auf Guaiak und färbte sich nach Zusatz von Guaiak-Wasserstoffsuperoxyd unter äusserst lebhafter O_2 -Entwicklung augenblicklich tief dunkelblau.

Mit dem 10 fachen Volumen Alkohol versetzt, lieferte der Glycerin-Auszug einen sehr reichlichen Niederschlag, der getrocknet und zerrieben ein gelblichweisses Aussehen zeigte. Auf Guaiak-Wasserstoffsuperoxyd wirkte diese Substanz noch kräftig ein, hatte aber die Fähigkeit, die Guaiakconsäure¹⁾ für sich allein zu oxydieren ebenfalls durch das Trocknen eingebüsst.

¹⁾ Nach Schaer (Apotheker-Ztg. 1894, S. 749) rührt nämlich die Blaufärbung des Guaiakharzes von der Oxydation der darin enthaltenen Guaiakconsäure her. Damit in Übereinstimmung stehend ist die Beobachtung Döbners, (citirt nach Duclaux Traité de Microbiologie, Paris 1899 S. 580) der diesem Process folgende Formel zu Grunde legt: $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_6 + \text{O}_2 = \text{C}_{20}\text{H}_{20}\text{O}_6 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

Ein dritter Versuch, die Fermente nach der bereits erwähnten Spitzer'schen Methode vermittelt Fällen mit verdünnter Essigsäure niederzuschlagen, blieb auch bei den Erbsenkeimlingen erfolglos.

Zu erwähnen ist noch, dass diesen zuletzt besprochenen Substanzen und Extracten nicht in gleichem Masse wie den aus den Rüben isolierten fermenthaltigen Stoffen die Fähigkeit zukam, Pyrogallol und Hydrochinon zu oxydieren, jedenfalls trat die Oxydation nicht so deutlich ein. Wurde die Reactionsflüssigkeit jedoch mit einigen Tropfen H_2O_2 versetzt, so trat bald Verfärbung des Gemisches ein, während H_2O_2 allein auf diese Körper ziemlich ohne Einfluss ist, jedenfalls tritt eine Braunfärbung erst nach langer Zeit ein.

Es müssen diesen Stoffen also oxydasische Eigenschaften zugeschrieben werden, und es kann als sehr wahrscheinlich angenommen werden, dass diese Oxydationsfermente auch bei der Verbrennung von Traubenzucker eine Rolle spielten. Durch Versuche, die ich nach dieser Richtung hin anstellte, wurde ich nun zwar zur Ansicht genötigt, dass die nach den oben beschriebenen Methoden gewonnenen, fermenthaltigen Substanzen nicht im stande sind, Traubenzucker in messbarer Menge zu verbrennen, selbst nicht in schwach alkalischer Lösung und auch nicht auf Zusatz von H_2O_2 , doch glaube ich, im Folgenden den einwandsfreien Nachweis liefern zu können, dass frischen durch Glycerinextraction bereiteten Pflanzenauszügen diese Fähigkeit zukommt.

Nach manchen vergeblichen Vorversuchen gelang es mir nach folgendem Verfahren einen Traubenzucker zersetzenden Auszug darzustellen: 50 gr gekeimte Erbsen, mit einer circa 3 cm langen Radicula wurden nach Entfernung der Samenschale möglichst fein zerstampft und mit 50 gr concentrirtem Glycerin unter Zusatz von 1 % Toluol versetzt. Diese Verbindung eignet sich nach Emil Fischer¹⁾ am besten dazu, die Entwicklung von Bacterien zu hemmen, ohne einen schädlichen Einfluss auf die Fermentwirkung auszuüben.

¹⁾ Emil Fischer: Zeitschrift für physiol. Chemie 26, S. 75, 1898.

Nach 12stündiger Macerationsdauer bei 20° wurde die Mischung mit 100 ccm toluolhaltigen, destillierten Wassers versetzt, sofort abgepresst und filtriert. Das trübe Filtrat¹⁾, das infolge seines Traubenzuckergehaltes Fehling'sche Lösung reducierte, brachte ich in einen Recipienten, durch welchen vermittelst eines Aspirators längere Zeit (circa eine halbe Stunde lang) ein Luftstrom getrieben wurde, dem die gesamte CO₂ durch zwei miteinander verbundene Gefässe entzogen war, die mit concentrirter Natronlauge resp. Baryumhydrat-Lösung beschickt waren. War durch den Luftstrom alle CO₂ aus dem Apparat und der darin enthaltenden Flüssigkeit entfernt, was daran erkannt wurde, dass eine vorgelegte Baryumhydroxydlösung sich nicht mehr trübte, so wurde die Luftzufuhr abgestellt, und der Apparat einige Zeit lang sich selbst überlassen. Nach Ablauf der Versuchszeit ward abermals ein Luftstrom durch den Recipienten geleitet, um die mittlerweile gebildete CO₂ aus dem Apparat zu entfernen und in ein Gefäss mit Barytwasser zu leiten, wo die CO₂ als Baryumcarbonat quantitativ zurückgehalten wurde. Zur Controlle war mit dieser Vorlage noch eine zweite verbunden, die zu gleicher Zeit dazu diente, das Eindringen von CO₂ aus der äusseren Luft in das erste Gefäss zu verhindern. Nach halbstündigem Durchleiten von Luft hörte auch jetzt die Bildung des Baryt-Niederschlags, der besonders reichlich in den ersten Minuten vor sich ging, auf. Das Carbonat wurde sodann auf einem Filter gesammelt, nach dem Auswaschen mit Wasser in Salzsäure aufgelöst, mit Schwefelsäure in der Siedehitze gefällt, gegläht und als Baryumsulfat zur Wägung gebracht.

Nach einer zwölfstündigen Versuchsdauer wurden folgende Zahlen gefunden:

.....

¹⁾ Die Abnahme des Traubenzuckergehaltes quantitativ vermittelst Fehling'scher Lösung zu bestimmen, war wegen der Anwesenheit hydrolytisch wirkender Fermente nicht angängig.

	Gewichtsmenge des angewandten Pflanzen-Auszuges:	Gewicht des Ba SO ₄ :	Gebildete CO ₂ in gr:
I.	100 g	0,094 g	0,018
II.	100 g	0,084 g	0,016
III.	100 g	0,092 g	0,017
IV.	100 g	0,098 g	0,019
V.	180 g	0,188 g	0,0355

Diese Versuche wurden bei einer Temperatur von 30—40° ausgeführt. Bei 12° liess die Entwicklung CO₂ bedeutend nach. Das Barytwasser trübte sich zwar noch, doch war der entstehende Niederschlag für eine quantitative Bestimmung zu geringfügig.

Um dem Einwand zu begegnen, dass die CO₂-Entwicklung durch Bakterien hervorgerufen werden könne, wiederholte ich diese Versuche mit einem unwirksamen Glycerinauszug, der mit einigen ccm einer Bacteriencultur, die sich auf faulenden Erbsenkeimlingen entwickelt hatte, versetzt war. Es entwickelte sich aber im Verlaufe eines Tages nur eine minimale Menge von CO₂, die nur eine leichte Trübung im Barytwasser hervorbrachte. Gegen die Mitwirkung der Bakterien, die übrigens wie die microscopische Untersuchung zeigte, nur ganz vereinzelt im Extract vorhanden waren, spricht ausserdem noch der Umstand, dass der fermenthaltige Pflanzenauszug bereits nach 24 stündigem Stehen seine Wirksamkeit fast vollkommen eingebüsst hatte.

Ähnliche Resultate erhielt ich, als ich anstatt der Erbsenkeimlinge¹⁾ Zuckerrüben zu diesem Experiment verwandte. Um aus diesem saftreichen Material eine möglichst concentrirte Fermentlösung zu bekommen, schnitt ich die Rüben

¹⁾ Hahn, (Chemische Berichte Bd. XXXIII, 3555) gelang es, eine Abnahme des Traubenzuckergehaltes im Presssaft des Kolbens von *Arum maculatum* nachzuweisen. Es entwickelte sich hierbei ebenfalls CO₂, doch entsprach die Quantität des entwickelten Gases nicht der Menge des zerstörten Zuckers. Daraus und ferner aus dem Umstande, dass bei diesem Process die Versuchsflüssigkeit saure Reaction annahm, schliesst Verfasser, dass die Atmung unvollständig bleibt.

zunächst in Scheiben, um dieselben bei gelinder Temperatur möglichst einzutrocknen. In diesem Zustand wurden sie dann fein gerieben und derselben Behandlung unterzogen wie die Erbsenkeimlinge. 150 gr Rüben, deren Gewicht durch das Austrocknen auf 70 gr reduziert war, gaben 0,101 gr Baryumsulfat entsprechend 0,019 gr CO_2 , während ein Glycerinauszug, der aus 50 g frischer Rübenpulpa bereitet war, nur 0,041 g Baryumsulfat gleich 0,0077 g CO_2 lieferte.

Stellt man sich nun die Frage, durch welche Stoffe die CO_2 -Entwicklung hervorgerufen wird, so kann man im Zweifel darüber sein, ob der sogenannten echten Oxydase wirklich die Rolle dabei zukommt, die man ihr zuzuschreiben geneigt ist. Ich konnte die Guaiakreaction bei Erbsenkeimlingen wie auch bei Maiskeimlingen nämlich nur in den Würzelchen bekommen, während die zerstampften Cotyledonen resp. das Endosperm ebenso wie der daraus gewonnene Saft nach der Behandlung mit Guaiaktinctur vollkommen farblos blieben; dagegen trat in beiden Glycerinauszügen, zu deren Herstellung Cotyledonen und Würzelchen getrennt von einander verarbeitet waren, CO_2 -Entwicklung auf.

Was dann ferner die Wirkungsweise der indirecten Oxydasen anbelangt, die, wie schon weiter oben erwähnt, dadurch characterisiert wird, dass sie Guaiac nur bei Anwesenheit von H_2O_2 bläut, so konnte ich aus einer Substanz, die durch Alkoholfällung aus dem Glycerinauszug der Erbsenkeimlinge erhalten war und welche diese Reaction sehr schön gab, durch Aussalzen mit 10 % Natriumsulfatlösung¹⁾ einen Stoff herstellen, der wohl auf H_2O_2 kräftig zersetzend einwirkt, aber nicht im stande war, zugesetzte frisch bereitete Guaiaktinctur blau zu färben, während die


¹⁾ Nach dieser Methode gelang es Jacobson die spezifische Fermentwirkung von der H_2O_2 zersetzenden zu trennen, wobei letztere allerdings völlig vernichtet wurde. Zeitschr. f. physiol. Chemie XVI. 347. 1892.

von diesem Stoffe abfiltrierte Natriumsulfatlösung noch die Reaktion der indirecten Oxydase sehr deutlich gab.

Dies Verhalten beweist die Verschiedenheit der H_2O_2 zersetzenden Substanzen von denjenigen, die Sauerstoff bei Gegenwart von H_2O_2 auf Guaiac übertragen und zeigt zugleich deutlich, wie wenig noch die verschiedenen Oxydasen sicher gestellt sind. —

Die vorstehender Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen wurden im botanischen Institut der Universität Kiel von Sommersemester 1901 bis Wintersemester 1901/1902 einschließlich ausgeführt.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle dem Leiter dieses Instituts, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Reinke, sowie auch Herrn Prof. Dr. Benecke meinen verbindlichsten Dank für die gegebenen Anregungen und Ratschläge auszusprechen.



T h e s e n.

I.

In den Wasserpflanzen findet eine dem Transpirations-
strome der Landpflanzen ähnliche Wassercirculation nicht
statt.

II.

Die Analysenresultate sollten in Ionen angegeben werden.

III.

Der regelmässige Genuss von grösseren Mengen Zucker
übt einen schädlichen Einfluss auf die Constitution der
Menschen, namentlich der Kinder aus.

V i t a.

Ich, Johann Dietrich Max Scheel, evang. Confession. wurde geboren am 7. Januar 1876 in Marne, als Sohn des Kaufmannes J. Wilhelm Scheel. Ich besuchte die Bürgerschule und später das Realprogymnasium meiner Vaterstadt. Letzteres verliess ich im Jahre 1893, um mich dem Apothekerberufe zu widmen. Das erste pharmaceutische Examen bestand ich März 1896 in Kiel. Während der vorgeschriebenen Conditionszeit war ich in Landeck, Saargemünd, Basel, Nyon b. Genf und Aachen practisch thätig. Vom Sommersemester 1899 bis Wintersemester 1900/01 studierte ich auf der Kieler Universität Pharmacie. Das pharmaceutische Staatsexamen bestand ich ebendasselbst November 1901, um dann noch 3 Semester Naturwissenschaften zu studieren. Während dieser Zeit entstand im Botanischen Institut der Universität die vorliegende Arbeit.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren: Adler, Benecke, Biltz, Claisen, Emmerling, Falck, Feist, Lenard, Martius, Reinke, Rügheimer, Seelig.

Ich arbeitete in den Laboratorien der Herren Professoren Claisen und Reinke.

Allen meinen hochverehrten Lehrern sage ich aufrichtigen Dank.



